

CACTÁCEAS y suculentas mexicanas



VOLUMEN 61 No. 1

ENERO - MARZO 2016

ISSN 0526-717X

CACTÁCEAS y succulentas mexicanas

Volumen 61 No. 1
Enero-marzo 2016

Editor Fundador
Jorge Meyrán

Consejo Editorial
Anatomía y Morfología
Dra. Teresa Terrazas
Instituto de Biología, UNAM

Ecología
Dr. Arturo Flores-Martínez
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN
Dr. Pablo Ortega-Baes
Universidad de Salta Argentina

Etnobotánica
Dr. Javier Caballero Nieto
Jardín Botánico IB-UNAM

Evolución y Genética
Dr. Luis Eguarte
Instituto de Ecología, UNAM

Fisiología
Dr. Oscar Briones
Instituto de Ecología A. C.

Florística
M. en C. Francisco González Medrano
Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco

Horticultura
Dr. Candelario Mondragón Jacobo, INIFAP-UAQ
Dr. Elhadi Yahia
Universidad Autónoma de Querétaro

Química y Biotecnología
Dr. Francisco Roberto Quiroz Figueroa
Instituto de Biotecnología, UNAM

Sistemas Reproductivos
Dr. Francisco Molina F.
Instituto de Ecología Campus Hermosillo, UNAM
Dr. Jafet Nassar
Instituto Venezolano de
Investigaciones Científicas

Taxonomía y Sistemática
Dr. Fernando Chiang
Instituto de Biología, UNAM
Dr. Roberto Kiesling
CRICYT, Argentina
Dr. John Rebman
Museo de Historia Natural, San Diego

Editores
Dr. Jordan Golubov
UAM-Xochimilco
Dra. María C. Mandujano Sánchez
Instituto de Ecología, UNAM
Dr. Humberto Suzán Azpíri
Facultad de Ciencias Naturales, UAQ, campus Juriquilla

Asistentes editoriales
Dra. Mariana Rojas Aréchiga
Instituto de Ecología, UNAM
Dra. Guadalupe Malda Barrera
Facultad de Ciencias Naturales, UAQ, campus Juriquilla

Diseño editorial y versión electrónica
Palabra en Vuelo, SA de CV

Impresión
Litográfica Dorantes SA de CV
Se imprimieron 1 000 ejemplares, febrero de 2016
SOCIEDAD MEXICANA DE CACTOLOGÍA, AC

Presidenta Fundadora
Dra. Helia Bravo-Hollis †

Presidente
Christian Brachet Ize

Vicepresidente
Alberto Pulido Aranda

Tesorera
Roxana Mondragón Larios

Vocal
Araceli Gutiérrez de la Rosa

Fotografía de portada:
Echinocereus schmollii
Salvador Arias



Cactáceas y Succulentas Mexicanas es una revista trimestral de circulación internacional y arbitrada, publicada por la Sociedad Mexicana de Cactología, A.C. desde 1955, su finalidad es promover el estudio científico y despertar el interés en esta rama de la botánica.

El contenido de los artículos es responsabilidad exclusiva de los autores y se encuentran bajo la licencia Creative Commons .

La revista *Cactáceas y Succulentas Mexicanas* se encuentra registrada en los siguientes índices: CAB Abstracts, BIOSIS (Thomson Reuters), Periodica y Latindex.

The journal *Cactáceas y Succulentas Mexicanas* is a publication of the Mexican Society of Cactology, published since 1955.

The articles are under the Creative Commons license .

The journal *Cactáceas y Succulentas Mexicanas* is registered in the following indices: CAB Abstracts, BIOSIS (Thomson Reuters) Periodica and Latindex.

Dirección editorial (editor's address): *Cactáceas y Succulentas Mexicanas*, Instituto de Ecología, UNAM, Aptdo. Postal 70-275, Cd. Universitaria, 04510, México, D.F.

Correo electrónico: mrojas@ecologia.unam.mx

Suscripciones



El costo de suscripción a la revista es de \$480.00 para México y 45 USD o 39 € para el extranjero. Suscripción y entrega en nuestro domicilio \$400.00.

- Pago de suscripción mediante depósito en BBVA Bancomer a la cuenta: 01947660840 a nombre de Aridamérica A.C. Enviar comprobante de pago a los correos: alberto@estrategiascmx.com y palabraenvuelo@yahoo.com.mx
- Para transferencia en el mismo banco y cuenta con la CLABE: 012180001947608401.
- Para transferencia internacional añadir la clave: BCMRMXMPYM.
- Mediante PayPal enviar a la cuenta con el correo: alberto@estrategiascmx.com

Subscription rates (includes shipment): 45.00 USD or 39.00 €.

- For national bank transfer in BBVA Bancomer with the account 01947660840, CLABE 012180001947608401.
- For international bank transfer in the same bank and account add the code: BCMRMXMPYM.
- For payment via PAYPAL, user must have a PAYPAL account. Write down the following e-mail: alberto@estrategiascmx.com, then indicate the payment amount.

socmexact@yahoo.com

Consulta de la revista en formato digital en la siguiente liga (electronic editions available at the following link):
web.ecologia.unam.mx/cact suc mex/



Se autoriza la reproducción total o parcial de los artículos siempre y cuando se cite la fuente y no sea con fines de lucro.

La Sociedad Mexicana de Cactología, AC agradece la coedición y el financiamiento de esta publicación a los fondos aportados por la Universidad Autónoma de Querétaro.



CACTÁCEAS y suculentas mexicanas

Volumen 61 No. 1 enero-marzo 2016



Contenido

Efecto de la humedad relativa sobre el cambio de peso nocturno de <i>Tillandsia recurvata</i> Guevara-Escobar A & Cervantes Jiménez M	4
Biología floral de <i>Echinocereus schmollii</i> (Weing.) N.P. Taylor, especie endémica de Cadereyta de Montes, Querétaro, México Vázquez Díaz E, Sánchez Martínez E & Maruri Aguilar B	12
Lista de revisores durante 2015	29
Normas editoriales	30
<i>Ferocactus peninsulae</i> (F.A.C. Weber) Britton & Rose Rojas-Aréchiga M	32

Contents

Effect of relative moisture on nocturnal weight in <i>Tillandsia recurvata</i> Guevara-Escobar A & Cervantes Jiménez M	4
Floral biology of <i>Echinocereus schmollii</i> (Weing.) N.P. Taylor, an endemic species of Cadereyta de Montes, Queretaro, Mexico Vázquez Díaz E, Sánchez Martínez E & Maruri Aguilar B	12
List of reviewers during 2015	29
Instructions for authors	30
<i>Ferocactus peninsulae</i> (F.A.C. Weber) Britton & Rose Rojas-Aréchiga M	32

Efecto de la humedad relativa sobre el cambio de peso nocturno de *Tillandsia recurvata*

Guevara-Escobar A^{1*} & Cervantes Jiménez M¹

Resumen

Las relaciones hídricas de las epífitas se asocian con la intercepción de formas de precipitación, siendo menos estudiada la niebla y la condensación. Se midió el cambio de peso nocturno de la biomasa (Δn) en *Tillandsia recurvata*, una bromelia atmosférica, aplicando dos tratamientos: protegida por una campana de plástico abierta en la base y sin campana protectora. El experimento se efectuó bajo el dosel del matorral de selva baja caducifolia en Querétaro, México. La campana redujo la ganancia de peso cuando la humedad relativa fue alta: Δn de 0.05 g d⁻¹ vs. Δn de 0.09 g d⁻¹ sin campana. El cambio de peso nocturno se correlacionó con la humedad relativa, $r = 57.7\%$ vs. $r = 64.3\%$. La intercepción de 136 mm de lluvia durante un evento con intensidad máxima de 9 mm h⁻¹ y 60 h de duración fue de 13% del peso original. El estudio demostró la importancia de la respuesta de *T. recurvata* a la humedad ambiental durante la noche.

Palabras clave: Epífita, intercepción, niebla, selva baja caducifolia, xerófito.

Abstract

Water relations of epiphytes are associated with interception of precipitation, with few studies of fog and condensation. We measured the night-time weight change (Δn) in *Tillandsia recurvata*, an atmospheric life form of epiphytic bromeliads, under two treatments: sheltered plants by a bell-shaped enclosure with open bottom and unsheltered plants. The experiment was carried out under the canopy of a dry tropical forest in Queretaro, Mexico. The enclosure reduced the weight gain when the relative humidity (RH) was high: Δn of 0.05 g d⁻¹ vs. Δn of 0.09 g when unsheltered. Nighttime weight change was positively correlated with RH: $r = 57.7\%$ vs. $r = 64.3\%$. Rainfall interception was 13% of initial fresh weight during a 136 mm rain event lasting 60 h with a maximum intensity of 9 mm h⁻¹. This study demonstrated the important response of *T. recurvata* to nighttime air humidity.

Key words: Epiphyte, interception, fog, xerophyte.

Introducción

La vegetación epífita depende de las relaciones atmosféricas para mantener su balance hídrico porque no son plantas parásitas. Las adaptaciones anatómicas y fisiológicas de

estas plantas son variadas e incluyen los tricomas para absorber agua y el metabolismo de ácido crasuliano (MAC; Martin, 1994; Stefano *et al.* 2008). La intercepción de la niebla, la condensación de agua en las superficies de la planta y la difusión del

¹ Universidad Autónoma de Querétaro, Boulevard de las Ciencias s/n, campus Juriquilla, CP 76230, Querétaro, Qro.

*Autor de correspondencia: guevara@uaq.mx



FOTO 1. *Tillandsia recurvata* asociada a *Bursera fagaroides* en el matorral de selva baja caducifolia, Querétaro, México.

vapor a través de los estomas son algunos mecanismos de la vegetación de ambientes áridos contribuyentes a su eficiencia hídrica (Benzing 1990). La deposición de agua condensada en las superficies de bromelias epífitas es más importante en la época seca para mantener un balance hídrico positivo para la planta, pero es insuficiente para promover el crecimiento (Andrade 2003). La posibilidad de condensación o formación de niebla dependen de la relación entre la humedad en el ambiente y la temperatura del aire; siendo las condiciones favorables para su formación las horas de la madrugada. Sin embargo, los pronósticos sobre el cambio climático sugieren inviernos más cálidos y también madrugadas menos frías (IPCC 2014), lo que podría comprometer el desempeño de las plantas epífitas al existir menor posibilidad de formación de condensación.

La señal isotópica en el agua de hojas y tejido vegetal de bromelias tanque y atmosféricas está dominada por el vapor atmosférico (Reyes-García *et al.* 2008). Estos autores sugieren que la actividad MAC se extiende por la intercepción de

la niebla durante la época de secas y que los estomas reaccionan a los cambios de humedad relativa, cerrándose cuando la humedad relativa es baja. Por otra parte, la relación hídrica será positiva para especies de bromelia durante la oscuridad debido a las características de la vía MAC. Así, los cambios de peso en *Tillandsia recurvata* fueron mayores cuando se expuso a niebla simulada en condiciones de oscuridad, en comparación con la exposición a niebla con iluminación (Guevara-Escobar *et al.* 2010).

El propósito de este trabajo fue medir los cambios de peso nocturnos en *Tillandsia recurvata* en condiciones de campo con el fin de identificar el efecto de la humedad relativa. Los cambios de peso positivos en la escala diaria implican la absorción o adsorción de agua, pues el crecimiento es lento en esta especie. La posibilidad de relacionar las condiciones atmosféricas con los cambios de peso del vegetal en periodos de tiempo cortos permite una metodología práctica para el estudio de las relaciones hídricas o el monitoreo de la intercepción de niebla.

Material y métodos

Especie de estudio

Tillandsia recurvata (L.) es una bromelia atmosférica de distribución cosmopolita capaz de establecerse asociada a la vegetación arbustiva, arbórea e incluso en objetos inanimados como rocas o cables (Foto 1). Las especies de *Tillandsia* resisten cambios fuertes por deshidratación y también aumentan el contenido de agua en su tejido después de la hidratación por lluvia (Martin, 1994). Es preocupante el desarrollo profuso de *T. recurvata* en algunos ambientes de matorral y bosque pues limita el desarrollo de su hospedero al obstruir físicamente al follaje (Caldiz & Beltrano, 1989), pero también es posible que las

relaciones hídricas en el dosel se vean afectadas. Aunque no es una planta parásita, el desarrollo de *T. recurvata* es exitoso y se asocia a hospederos específicos (Valverde *et al.* 2005). Es posible que la perturbación de la vegetación y los cambios en el clima afecten la distribución o la dominancia de las especies de bromelia, como *T. recurvata* y entonces sea útil como bioindicador (Aguirre *et al.* 2009). En este sentido, *T. recurvata* se ha usado como indicadora de contaminación ambiental (Zambrano *et al.* 2009).

Sitio de estudio

El estudio se efectuó en un matorral de selva baja caducifolia (Rzedowsky 1978) en el Volcán Santacruz a 1990 m snm (Arango-Guevara, *et al.* 2007), en Querétaro, México; ubicado a 20.65 latitud N, 100.25 longitud O (Foto 2). Las mediciones fueron durante el invierno: del 23 de febrero al 24 de marzo del 2015. La localidad presenta una precipitación media anual de 520 mm y la temperatura promedio diaria es de 17 °C (CNA 2000). El clima corresponde a semiseco, semicálido, con lluvia en verano y con un porcentaje de lluvia invernal menor de 5%.

El sitio se caracterizó por vegetación de 4 a 5 m de altura y en orden de importancia por individuos de: *Eysenhardtia polystachya*, *Bursera fagaroides*, *Hesperalbizia occidentalis*, *Myrtillocactus geometrizans*, *Lysiloma microphylla*, *Celtis palida*, *Opuntia tomentosa*, *Prosopis laevigata*, *Acacia farnesiana*, entre otros. En el estrato herbáceo se encontró: *Bouteloua* sp., *Jatropha dioica*, *Mammillaria parkinsonii*, *Agave* sp., *Melinis repens*, *Phaseolus* sp. *Vigna* sp. y otras. Los individuos de *T. recurvata* se asociaron principalmente a ejemplares adultos de *B. fagaroides*, pero la abundancia de *T. recurvata* no sugirió un problema de infestación. El mantillo se distinguió por horizonte O bien formado, roca volcánica basáltica superficial y cubierta de hojarasca. Al tiempo de las observaciones sólo la vegetación

de cactáceas y gramíneas presentó un dosel con actividad fotosintética.

Se colectaron individuos de *T. recurvata* existentes en la vegetación del sitio. Para reducir la variabilidad de los individuos y en las mediciones se siguieron los siguientes procedimientos. Los individuos se sacudieron repetidamente para eliminar hojas y tierra suelta. Se fumigaron con insecticida casero, aunque no se observó gran cantidad de fauna asociada. Los individuos se dejaron reposar en un contenedor abierto y expuesto a la radiación solar cerca de una ventana por espacio de dos días con el fin de homogeneizar el contenido de humedad en la superficie de la planta. Las estructuras reproductivas se eliminaron en caso de estar presentes. El tamaño del espécimen se seleccionó a un diámetro entre 5 y 9 cm con el fin de facilitar su manipulación dentro de la cámara de medición de la balanza analítica.

Instrumentación y mediciones

Para el experimento se seleccionaron 16 individuos de *T. recurvata* y al azar se asignaron a uno de dos grupos: con campana y sin campana. Los individuos se sujetaron con un doble gancho de alambre y se colgaron a 1.7 m de altura bajo del dosel de la vegetación (Foto 3). La posición en el dosel fue a un tercio de su altura, representando la parte baja del dosel, donde la abundancia y riqueza de epífitas es mayor (Cach-Pérez *et al.* 2013); aunque no hay un estudio específico sobre *T. recurvata*. El doble gancho permitió desmontar al individuo fácilmente y evitar dañarlo. A un grupo de plantas se les ubicó individualmente dentro de una campana protectora para evitar el impacto de la precipitación por gravedad o viento, ya fuera lluvia o niebla. La campana se fabricó a partir de un recipiente de plástico PET (polietilentereftalato) de 10 l, se cortó la parte superior a 20 cm y se colgó de una rama del dosel.

La posición del individuo de *T. recurvata* fue justo en el borde inferior de la campana.

Durante el día todos los individuos se colgaron de una línea de cordel horizontal a 1.7 m y durante la noche se ubicaron en su respectiva posición bajo el dosel y tratamiento respectivo. La razón fue porque en un estudio piloto se observó que durante el día la temperatura aumentaba dentro de la campana y dañaba el tejido vegetal de *T. recurvata*, pero el cambio de posición de los individuos no debió de afectar las mediciones porque el intercambio gaseoso se efectúa durante la noche. Bajo el dosel y a 1.7 m se instaló un medidor de humedad relativa (*HR*) y temperatura del aire (*T*), el intervalo de medición fue de 1 h (EL-USB-2 HOBO, Onset Computer Corp.). Para estas dos variables se obtuvo el promedio durante el periodo de 00:00 h y hasta las 8:00 h.

Por la tarde y por la mañana se registró el peso de cada individuo utilizando una balanza analítica con 0.0001 g de resolución (Explorer, Ohaus Corp.). La hora de medición al ocaso fue entre 18:30 y 19:00 h, al amanecer la hora de pesaje fue de 7:30 a 9:00 h dependiendo de la presencia o ausencia de niebla matutina; si existió niebla la hora de medición se retrasó. Se calculó el cambio de peso durante la noche en cada espécimen (Δn): peso en la mañana – peso en la tarde en el día anterior (g). Para facilitar la interpretación de los datos también se registró el estado de las condiciones ambientales durante la mañana.

Los datos de precipitación se obtuvieron a través del portal Giovanni del Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center (Acker & Leptoukh 2007) correspondientes al producto GPM_3IMERGHHLv03 de estimados de lluvia multisatélite con calibración pluviométrica del Global Precipitation Measurement (Huffman 2015). La precipitación se registró a escala temporal de 30 minutos y resolución espacial de 0.1 ° de acuerdo a las coordenadas del sitio.

Análisis estadístico

Por medio de regresión lineal se estableció la relación entre Δn y las variables ambientales *HR* y *T*. Se usó un análisis factorial con observaciones repetidas para establecer las diferencias entre los dos tratamientos. El nivel de confianza se fijó en $\alpha=0.05$. Se revisó el cumplimiento o no de los supuestos de normalidad, varianza homogénea, independencia y esfericidad. Los análisis se efectuaron con el paquete SAS v 9.0 (SAS Institute Inc.).

Resultados

El peso inicial de los ejemplares de *T. recurvata* fue de 4.85 ± 1.8 g, siendo semejantes los tratamientos ($P > 0.05$). Al final del periodo estudiado el tratamiento con campana ganó 2 % de la biomasa fresca inicial y para el tratamiento sin campana fue de 6 %. En el tratamiento sin campana la correlación fue de $r = 64.25$ % entre el cambio de peso nocturno (Δn) y el promedio de *HR*, siendo el modelo de regresión: $\Delta n = -0.178 + 0.003 HR$, $F_{1,19} = 12.65$, $P = 0.002$ (Fig. 1). Para el tratamiento con campana la correlación fue de 57.73 % y el modelo fue $\Delta n = -0.1247 + 0.002 HR$, $F_{1,19} = 8.99$, $P = 0.007$. Ambos modelos se conformaron a los principios de normalidad, varianza homogénea e independencia. La variables *HR* y *T* mostraron colinealidad y por eso se escogió únicamente la relación entre Δn y *HR*, además el modelo entre Δn y *T*, no satisfizo el principio de varianza homogénea.

Del 13 al 15 de marzo de 2015 sucedió un evento de lluvia con baja intensidad y larga duración, acumulando 136 mm y una intensidad máxima de 8.9 mm h^{-1} (Fig. 2). Este evento representó el 26% de la precipitación pluvial anual. La ganancia de peso a consecuencia de la lluvia interceptada fue de



FOTO 2. Aspecto general del sitio de selva baja caducifolia localizado en la falda oriental del Volcán Santacruz en Querétaro. En el fondo a la izquierda se observa el Volcán El Cimatario. La imagen corresponde a octubre de 2014.

13.5±6.6% del peso fresco antes de la lluvia. Para continuar las mediciones nocturnas se esperó a que los especímenes se secaran por un día, ya que los dos grupos se mojaron durante la lluvia.

El análisis de observaciones repetidas se efectuó para dos periodos: el primero fue del 24 de febrero al 12 de marzo de 2015 y se caracterizó por condiciones de baja HR siendo el promedio de los días para la HR de

68.5 % y para T de 11.3 °C durante el lapso de 12:00 h a 8:00 h. El segundo periodo sucedió del 16 al 24 de marzo y el promedio de HR fue 86.9% y la T de 11.0 °C. En el primer periodo no existió diferencia en Δn entre los tratamientos, siendo el promedio de -0.015 g d⁻¹ ($P > 0.05$). En el segundo periodo los grupos fueron diferentes ($F_{1, 14}=7.77$, $P=0.0145$), siendo para el tratamiento con campana el Δn de 0.05 y para el sin campana Δn de 0.09 g d⁻¹.

Discusión

Durante la madrugada la temperatura baja y la humedad relativa aumenta, las condiciones favorables de condensación suceden cuando la temperatura es inferior al punto de rocío. Para el ambiente desértico se necesitan bajas temperaturas pues el contenido de agua en el aire es bajo, pero en condiciones tropicales la niebla puede ocurrir a más de 20 °C (Arteaga-Ramírez *et al.* 2010). El desarrollo de la vegetación con adaptaciones para la intercepción de la niebla, como el matorral rosetófilo, se desarrollan en bandas altitudinales; pero otras suculentas, cactus o arbustos leñosos no muestran un gradiente



FOTO 3. Disposición del experimento, a la izquierda la campana protectora para un individuo de *Tillandsia recurvata*, al centro un individuo de *T. recurvata* sin campana y a la derecha el medidor HOBO de humedad relativa y temperatura del aire.

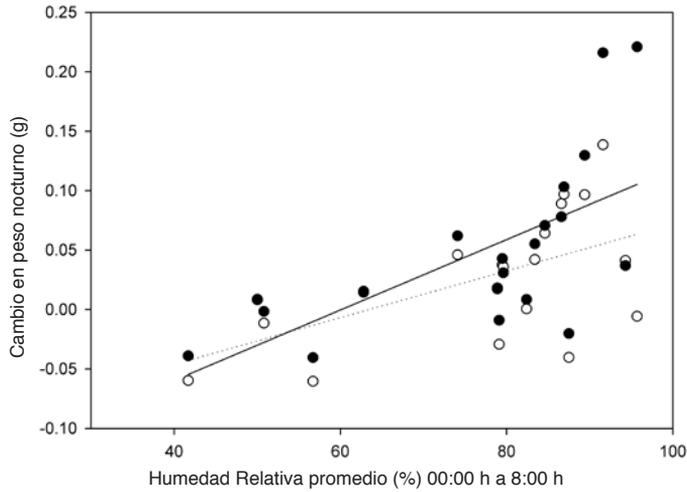


FIGURA 1. Relación entre el cambio de peso nocturno y la humedad relativa para el grupo con campana protectora (O) y sin campana (●) de *Tillandsia recurvata* durante la madrugada en el invierno de 2015.

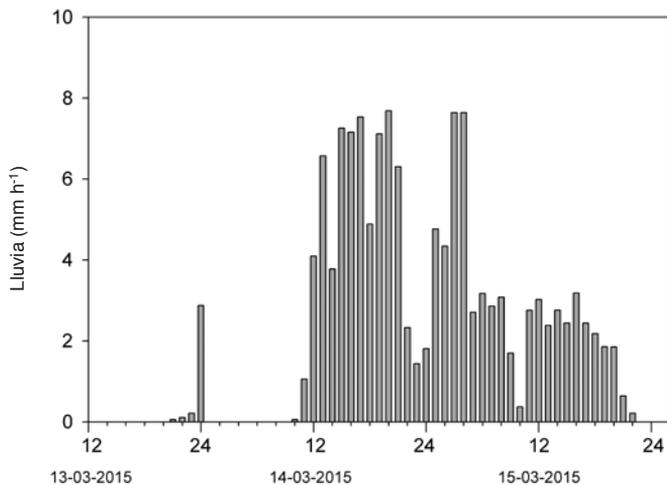


FIGURA 2. Intensidad de la precipitación pluvial de acuerdo al producto GPM_3IMERGHH1 v03 del Global Precipitation Measurement correspondiente al sitio (100.35 longitud O, 20.65 latitud N, -100.25 longitud O, 20.75 latitud N). El total acumulado fue de 136 mm.

en el establecimiento asociado a la niebla (Martorell & Ezcurra 2002).

En este estudio las condiciones fueron particulares, pues en campo fue posible evaluar el efecto de *HR* alta y baja, mientras que *T* fue relativamente constante. Para la captación de precipitación por *T. recurvata*

fue necesaria una *HR* alta y una baja *T*. Además, los resultados sugieren que el proceso debe ser por intercepción de la precipitación en forma de niebla o rocío y; no sólo por difusión en un gradiente de concentración de vapor. Esto es porque la campana protectora redujo el cambio de peso nocturno, pero no

impidió completamente la ganancia de peso. Estos resultados sugieren una mayor importancia de los tricomas en comparación con la difusión de vapor a través de los estomas. Sin embargo, el aumento de peso en *T. recurvata* sucede sólo en condiciones de oscuridad cuando se aplica niebla simulada (Guevara-Escobar *et al.* 2011). Posiblemente las dos adaptaciones son importantes, primero los tricomas para almacenar el agua interceptada y hacerla disponible para la difusión a través del estoma. La relación entre la *HR* y Δn se consideró importante porque pudo identificarse diferencias en una escala de tiempo relativamente corta y para individuos pequeños de *T. recurvata*. Estos hallazgos contribuyen al conocimiento y continuación del trabajo sobre las relaciones hídricas de las bromelias atmosféricas (Martin 1994).

El periodo de medición comprendió un evento de lluvia extremo y raro para la temporada invernal en la región. Sin embargo, fue modesto el 13.5 % de cambio de peso correspondiente a la intercepción de la lluvia, sobre todo considerando que el dosel arbustivo tenía muy poco follaje. El mayor cambio observado en un espécimen de *T. recurvata* fue 30.5 %. La intercepción de la lluvia se favorece cuando la duración de la lluvia es larga, la intensidad de la lluvia y la temperatura son bajas, entre otros factores climáticos (Crockford & Richardson 2000). Guevara-Escobar *et al.* (2011) reportan para *T. recurvata* en condiciones de laboratorio y simulación de lluvia y niebla una capacidad de almacenamiento de 47 % y 141 %. Aunque el evento de lluvia presenciado fue cuantioso, no fue suficiente para saturar las superficies de los especímenes de *T. recurvata* según las observaciones en condiciones de laboratorio donde la evaporación es menor. Es posible que el dosel del matorral

cambie la distribución de la precipitación al atravesarlo y en consecuencia las características de la lluvia sean distintas tanto en distribución espacial, tamaño de la gota e intensidad, todo esto contribuyendo a una menor intercepción de la lluvia.

La diferencia promedio para Δn entre los tratamientos con campana o sin campana fue de 0.04 g d⁻¹, equivalente a un cambio diario de 0.82% de la biomasa fresca y en 15 días la planta podría tener un cambio de peso a consecuencia de intercepción de la condensación o niebla que fuera equivalente a la cantidad de lluvia interceptada en un evento extremo de lluvia. El resultado sugiere la relevancia de las condiciones de humedad relativa durante la noche respecto de las relaciones hídricas y posiblemente más importantes que la intercepción de la lluvia.

De este trabajo podemos concluir que el cambio de peso nocturno en *Tillandsia recurvata* está asociado a la humedad relativa y temperatura nocturnas. La intercepción de las formas: precipitación, niebla o condensación por *T. recurvata* son importantes ya que al imponer una campana protectora sobre la planta la ganancia de peso nocturna fue menor. Sin embargo, se necesita una humedad relativa alta para producir cambios de peso nocturnos significativos.

Literatura citada

- Acker JG & Leptoukh G. 2007. Online analysis enhances use of NASA earth science data. *EOS T Am Geophys Un* **88**:14-17.
- Aguirre A, Guevara R, García M & López JC. 2009. Fate of epiphytes on phorophytes with different architectural characteristics along the perturbation gradient of *Sabal mexicana* forests in Veracruz, Mexico. *J Veg Sci* **21**:6-15.

- Andrade JL. 2003. Dew deposition on epiphytic bromeliad leaves: an important event in a Mexican tropical dry deciduous forest. *J Trop Ecol* **19**:479-488.
- Arango-Guevara AF, Mitre-Salazar L.M. & Martínez-Reyes J. 2007. *Trabajos Geol Univ de Oviedo* **27**:29-39.
- Arteaga-Ramírez R, Aguirre-Rodríguez A, Sangerman-Jarquín DM, Vázquez-Peña MA, Ibáñez-Castillo LA & Hernández-Mendoza TM. 2010. Presión de vapor actual observada y estimada en observatorios sinópticos de México. *Rev Mex Cienc Agric* **1**:77-87.
- Benzing DH. 1990. *Vascular epiphytes: general biology and related biota*. Cambridge University Press. Cambridge, MA. USA.
- Cach-Pérez MJ, Andrade JL, Chilpa-Galván N, Tamayo-Chim M, Orellana R & Reyes-García C. 2013. Climatic and structural factors influencing epiphytic bromeliad community assemblage along a gradient of water-limited environments in the Yucatan Peninsula, Mexico. *Trop Conserv Sc* **6**:283-302.
- Caldiz DO & Beltrano J. 1989. Control of the epiphytic weeds *Tillandsia recurvata* and *T. aëranthos* with simazine. *Forest Ecol Manage* **28**: 153-159.
- CNA, 2000. *Determinación de la disponibilidad de agua en el acuífero valle de Amazcala, estado de Querétaro*. México, D.F.
- Crockford RH & Richardson DP. 2000. Partitioning of rainfall into throughfall, stemflow and interception: effect of forest type, ground cover and climate. *Hydrol Process* **14**:2903-2920.
- Guevara-Escobar A, Cervantes-Jiménez M, Suzán-Azpiri H, González-Sosa E, Hernández-Sandoval L, Malda-Barrera G & Martínez-Díaz M. 2010. Fog interception by Ball moss (*Tillandsia recurvata*). *Hydrol Earth Syst Sc* **15**: 2509-2518.
- Huffman G. 2015. GPM Level 3 IMERG Half Hourly 0.1 x 0.1 degree Precipitation, version 03, Greenbelt, MD:Goddard Space Flight Center Distributed Active Archive Center (GSFC DAAC), Accessed 25-11-2015 at doi:10.5067/GPM/IMERG/HH/3B.
- IPCC. 2014. *Climate change 2014 synthesis report: Summary for Policymakers*. Cambridge University Press. New York.
- Martin CE. 1994. Physiological ecology of the Bromeliaceae. *Bot Rev* **60**:1-82.
- Martorell C & Ezcurra E. 2002. Rosette scrub occurrence and fog availability in arid mountains of Mexico. *J Veg Sci* **13**:651-662.
- Reyes-García C, Mejía-Chang M, Jones GD & Griffiths H. 2008. Water vapour isotopic exchange by epiphytic bromeliads in tropical dry forests reflects niche differentiation and climatic signals. *Plant Cell Environ* **31**:828-841.
- Rzedowsky J. 1978. *Vegetación de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F.
- Stefano M, Papini A, Brighigna L. 2008. A new quantitative classification of ecological types in the bromeliad genus *Tillandsia* (Bromeliaceae) based on trichomes. *Rev Biol Trop* **56**: 191-203.
- Valverde T, Hernández-Rosas L & Bernal R. 2005. Habitat preference of the epiphyte *Tillandsia recurvata* (Bromeliaceae) in a semi-desert environment in Central Mexico. *Can J Botany* **83**:1238-1247.
- Zambrano-García A, Medina-Coyotzin C, Rojas-Amaro A, López-Veneroni D, Chang-Martínez L & Sosa-Iglesias G. 2009. Distribution and sources of bioaccumulative air pollutants at Mezquital Valley, Mexico, as reflected by the atmospheric plant *Tillandsia recurvata* L. *Atmos Chem Phys* **9**: 6479-6494.

Biología floral de *Echinocereus schmollii* (Weing.) N.P. Taylor, especie endémica de Cadereyta de Montes, Querétaro, México

Vázquez Díaz E^{1*}, Sánchez Martínez E¹ & Maruri Aguilar B¹

Resumen

Estudiamos la biología floral de *Echinocereus schmollii*, cactácea endémica de México, en peligro de extinción. En 2006 se obtuvieron datos de campo con los que determinamos la probabilidad de desarrollo a flor de los primordios florales, la longevidad floral ($N=12$), la duración de la antesis (cinco días), el comportamiento de los verticilos, la dinámica de visitantes florales y la probabilidad de desarrollo a fruto. Se calculó el índice de Cruden para estimar el sistema de cruce. Los datos fueron complementados en 2016, con individuos cultivados. La probabilidad de desarrollo a flor fue $P=0.8$, la longevidad floral fue de uno a tres días, el horario de antesis de 09:30 a 15:30 h, el diámetro máximo del perianto (35.87 ± 5.59 mm) ocurrió a las 12:10 h con (29.56 ± 1.43 °C), y se detectó presencia de polen desde el inicio de la antesis. El visitante más frecuente fue *Perdita* sp. (Hymenoptera: Andrenidae), la probabilidad de desarrollo a fruto $P'=0.42$ y el sistema de apareamiento, xenógamo facultativo.

Palabras clave: Antesis, *Echinocereus schmollii*, *Perdita* sp., Semidesierto Queretano, xenógamo facultativo.

Abstract

We studied the floral biology of *Echinocereus schmollii*, an endangered cactus, endemic to Mexico. During 2006, at field we determined the probability of flower development, floral longevity ($N=12$), anthesis duration (five days), behavior of whorls, dynamics of floral visitors and the likelihood of fruit development. We calculated the outcrossing index according to Cruden. Fieldwork was supplemented during 2016, with data from cultivated individuals. The probability of flower development was $P=0.8$, floral longevity lasted one to two days, anthesis occurred from 09:30 to 15:30 h, the maximum diameter of petals (35.87 ± 5.59 mm) occurred at 12:10 h (29.56 ± 1.43 °C) and pollen was detected since the beginning of anthesis. *Perdita* sp. (Hymenoptera: Andrenidae) was the most frequent visitor of flowers, the probability of fruit development was $P'=0.42$ and we detected that the mating system is facultative xenogamous.

Key words: Anthesis, *Echinocereus schmollii*, *Perdita* sp., Semidesierto Queretano, facultative xenogamous.

¹ Jardín Botánico Regional de Cadereyta "Ing. Manuel González de Cosío". Camino a Antigua Hacienda de Tovares S/N. Ejido de Fuentes y Pueblo Nuevo; Cadereyta de Montes, Querétaro. C.P. 76500.

*Autor de correspondencia: evaquez@colpos.mx

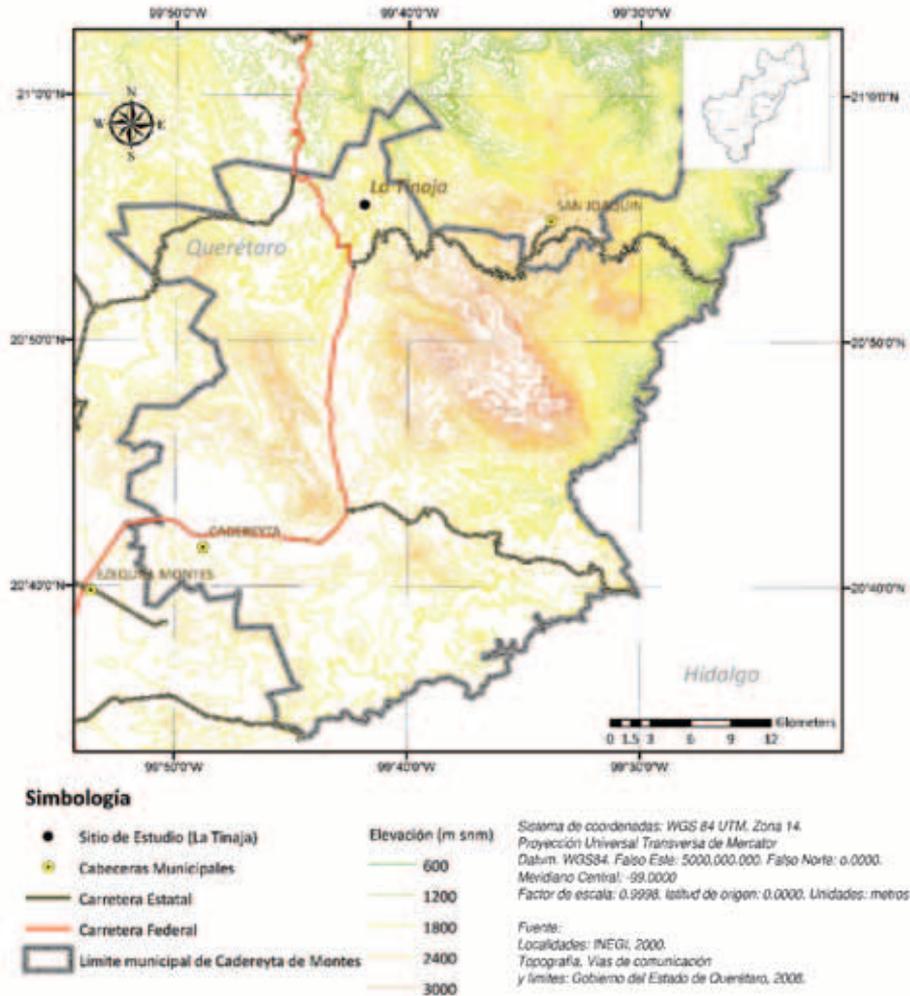


FIGURA 1. Ubicación del sitio de estudio La Tinaja, Cadereyta, Querétaro.

Introducción

Desde el punto de vista evolutivo, las flores se consideran hojas modificadas y son las estructuras cuya complejidad está adaptada a la ocurrencia de los fenómenos de reproducción sexual, lo cual permite a las plantas adquirir variabilidad genética (Vázquez-Yanes *et al.* 1997; Ollerton & Amots 2005). La biología floral estudia los eventos por los cuales las plantas logran

formar semillas y se originan individuos nuevos (Harder & Barrett 2006). Los estudios de biología floral abarcan desde el conocimiento de la época de formación de las flores (fenología), el desarrollo de los órganos que las constituyen, la duración de la antesis –tiempo en el cual una flor desarrollada es funcional– el comportamiento de los órganos florales durante la misma, la producción de polen y néctar hasta la determinación de los sistemas tanto de

cruza como de apareamiento (Naik *et al.* 2013; Lord *et al.* 2013).

Los sistemas de cruce indican la forma en que los genes se transmiten de una generación a otra en las poblaciones y pueden ser de tres tipos: (1) entrecruza: el polen de flores diferentes llega a estigmas de flores de individuos diferentes; (2) autocruza: en la población existen individuos que aceptan el polen de la misma flor en el estigma de la misma flor, y (3) mixto: en la población se presentan tanto la entrecruza como la autocruza (Lloyd 1992; Plascencia-López 2003).

Los sistemas de apareamiento son atributos intrínsecos de las plantas para expresar comportamientos sexuales con el fin de facilitar la entrecruza o la autocruza, y están definidos de acuerdo a tres características: la distribución y producción de los órganos masculinos y femeninos entre los individuos; la morfología floral y mecanismos de dispersión de polen, y los mecanismos que influyen en el éxito relativo del polen y semillas (Sage *et al.* 2005).

Al respecto, Cruden (1977) propuso un método para determinar el sistema de cruce en las angiospermas, el cual se conoce como índice de entrecruzamiento (outcrossing index, OCI) que se basa en las dimensiones de las flores, la funcionalidad –en tiempo y espacio– de sus órganos masculinos y femeninos, y la relación numérica polen/óvulos. Este índice reconoce cinco sistemas: cleistógamo, autógamo obligado, autógamo facultativo, xenógamo facultativo y xenógamo.

De esta forma, los estudios de biología floral generan conocimiento que sirve de sustento a la conservación de muchas maneras: facilitan el entendimiento de interacciones ecológicas y evolutivas como la polinización o de fenómenos

demográficos como el crecimiento de las poblaciones (McIntosh 2002; Mandujano *et al.* 2010). Además pueden apoyar el diseño de estrategias de aprovechamiento de las especies a través de la publicación de protocolos de propagación de plantas en invernadero a partir de semillas (Arredondo 2002; Flores-Martínez *et al.* 2013). Estos estudios son fundamentales cuando se aplican a especies de distribución geográfica restringida y que enfrentan amenaza de extinción principalmente por actividades humanas, como el cambio de uso de suelo para construir infraestructura o el saqueo desmedido de individuos, tal como han reportado Goettsch *et al.* (2015) para la familia Cactaceae.

Echinocereus schmollii es una cactácea endémica de México, en peligro de extinción (SEMARNAT 2010), que se distribuye solamente en el municipio de Cadereyta de Montes, Querétaro. Está incluida en el Apéndice I de CITES y es considerada rara en el contexto ecológico (CITES 2012; Guzmán *et al.* 2003). Esta especie enfrenta la desaparición acelerada de sus escasas poblaciones silvestres, provocada principalmente por los disturbios derivados de las actividades humanas (Hernández-Oria *et al.* 2007). *E. schmollii* ha sido considerada una especie prioritaria para la conservación en la zona árida Queretano-Hidalguense debido al grado de amenaza que presenta (Sánchez *et al.* 2006). No se han documentado los aspectos de su biología y ecología reproductiva en el ambiente silvestre, y se desconocen los aspectos de su reproducción sexual *ex situ* e *in situ*. Sin embargo, se conocen algunos detalles de la propagación vegetativa, derivados de métodos de reproducción de plantas a partir del enraizamiento de esquejes y la inducción de brotes

del rizoma, que han sido desarrollados en el Jardín Botánico Regional de Cadereyta (JBRC), "Ingeniero Manuel González de Cosío" en Querétaro, México.

El objetivo de este trabajo fue determinar aspectos de la biología floral de *E. schmollii* tales como la probabilidad de desarrollo a flor de los primordios florales, la longevidad de las flores, el horario de antesis, el comportamiento de los verticilos florales durante la antesis, la dinámica de visitantes florales, las características morfológicas de las flores, la probabilidad de desarrollo a fruto de las flores, el sistema de cruce y de apareamiento.

Material y métodos

Especie de estudio

Echinocereus schmollii (Weing) N.P. Taylor: Tallo solitario, o escasamente ramificado (la ramificación aumenta en condición de cultivo), cilíndrico, hasta 15 (-25) cm de largo y 1.1 cm de diámetro (hasta 2 cm en cultivo), parduzco cinéreo (gris); el tallo es afilado y crece sobre un rizoma napiforme de 7 cm de largo y 3 cm de diámetro, hinchado, de color gris negruzco. Costillas 9 a 10 tuberculadas, redondeadas. Aréolas de 0.5 mm de diámetro, 1.5-2 mm de separación. Espinas con pelos finos, en número cercano a 35, hasta de 7 mm de largo, al principio rosadas tornándose pronto blancas, grises o negruzcas, dándole al tallo una apariencia de lana suave. Flores infundibuliformes, de 3.5 (-4) cm de largo, hasta 5 cm de diámetro, presentándose mayormente cerca del ápice, aunque ocasionalmente son terminales, pero mayormente subapicales. Tubo receptacular de 2 cm de longitud, con el exterior café a verde purpurino, llevando aréolas con finas espinas capilares como las del tallo. Cámara nectarial de solamente 1.5 mm de largo por 2 mm de ancho. Segmentos del perianto en

2-3 series, angostamente elíptico-oblanceolados, de cerca de 2 cm de largo y de 3-6 mm de ancho, largamente acuminados, color rosa brillante. Estilo hasta de 2 cm de largo; estigmas 7-11, color verde brillante. Fruto ovoide esférico, cerca de 1.8 cm de diámetro, jugoso, verde-purpurino. Semillas casi globulares, de cerca de 1 mm, tuberculadas (Taylor 1986). Florece de febrero a abril y su periodo de fructificación ocurre entre los meses de mayo y julio (Sánchez *et al.* 2006) (Fotos 1 y 2).

Sitio de estudio

El trabajo se realizó en la localidad de La Tinaja, la cual se ubica al noroeste del municipio de Cadereyta de Montes, Querétaro. El área se ubica en la Provincia Fisiográfica Sierra Madre Oriental, dentro de la subprovincia del Carso Huasteco. La localidad se encuentra en una región que pertenece a la provincia florística Queretano-Hidalguense (Rzedowski 1978), a la cual también se le conoce como Semidesierto Queretano y ha sido reconocida como la parte extrema en el sur del Desierto Chihuahuense (Hernández & Bárcenas 1995).

La Tinaja se encuentra en las coordenadas geográficas 20° 55' de latitud N y 99° 41' de longitud O a 1842 m snm (Fig. 1). El terreno presenta poca pendiente (2%) (Hernández-Oria *et al.* 2007). En el área el clima predominante es del subtipo semiseco-templado (BS₁kw (w)), la precipitación media anual acumulada oscila entre los 400 y 500 mm y la temperatura media anual oscila entre los 16 y 18 °C. El suelo es del tipo Rendzina y Regosol calcárico (INEGI 2001). La geología está constituida por material sedimentario con afloramientos de rocas calizas y lutitas de edad Cretácica. El tipo de vegetación es Matorral Desértico Micrófilo (Zamudio *et al.* 1992).

La localidad La Tinaja fue seleccionada debido a que ahí crece una de las pocas poblaciones silvestres de *E. schmollii* del Semidesierto

José Guadalupe Hernández Oria.



FOTO 1. Individuo ramificado de *Echinocereus schmollii* con botones de flores y flores en La Tinaja Cadereyta, Querétaro.

Queretano, que hasta el 2006, se encontraba bien conservada y era de fácil acceso. Dicha población fue descubierta en el año 2006 por el personal del JBRC.

Trabajo de campo

Características vegetativas de los individuos reproductivos. El 2 de marzo del 2006 se realizó un recorrido en La Tinaja para seleccionar individuos con alguna estructura reproductiva (primordios florales, flores o frutos), y se les contabilizó el número de ramas. Se detectaron once individuos que reunían 15 primordios florales y cuatro flores.

El 7 de marzo de 2016 se contabilizó el número de ramas de 13 individuos crecidos en el JBRC con alguna estructura reproductiva. En total, reunían 90 primordios florales y 22 flores.

José Guadalupe Hernández Oria.



FOTO 2. Individuo ramificado de *Echinocereus schmollii* con un fruto en La Tinaja Cadereyta, Querétaro.

Seguimiento de estructuras reproductivas. Se emplearon los primordios florales hallados para determinar su probabilidad de desarrollo a flor. A partir de las flores desarrolladas se determinó su longevidad mediante el registro diario y por hora de la antesis. Durante el mismo, se documentó el comportamiento de los verticilos y la dinámica de visitantes florales. A continuación se describe como se determinó cada aspecto.

Probabilidad (P) de desarrollo a flor de los primordios florales. Se calculó dividiendo el número de primordios florales hallados al inicio del estudio entre el número de flores desarrolladas al final del estudio. Esto se calculó sólo para los individuos de La Tinaja (marzo 2006).

Longevidad de las flores. Se registró el inicio y el final de la antesis, por día y por hora, de cada flor desarrollada a partir de cada primordio floral seleccionado, esto para los individuos de La Tinaja (marzo 2006) y los del JBRC (marzo 2016).

Comportamiento de los verticilos florales durante la antesis. Se registró el comportamiento de los ver-

ticilos florales en intervalos de 90 minutos hasta que la antesis finalizó. Este registró se efectuó para los individuos de La Tinaja (2006) y los del JBRC (2016). El registró consistió en medir el diámetro del perianto en mm, la dehiscencia de las anteras por medio de la presencia de polen, para lo cual se hizo pasar sobre el conjunto de estambres la goma de un lápiz y se verificó quedaban restos en la misma, el diámetro del conjunto de estambres en mm, la apertura de los lóbulos del estigma en mm, la presencia de néctar por medio de su extracción con jeringa para insulina y microcapilares de 2 ml. Cada 90 minutos se anotaron las temperaturas registradas a la sombra de arbustos, pues en ésta condición se observó la mayor cantidad de individuos en La Tinaja (marzo, 2006), y a la intemperie en el JBRC (marzo 2016), a fin de conocer la influencia del ambiente en el comportamiento de los verticilos.

Los muestreos relacionados con la antesis floral y la recolección de frutos en individuos silvestres se efectuaron en La Tinaja entre marzo y mayo de 2006. En marzo de 2013 se hizo un muestreo en individuos cultivados en el JBRC para realizar el conteo del polen y óvulos, y para incrementar las repeticiones de disección floral para el análisis morfométrico. En marzo de 2016 se realizaron registros adicionales del comportamiento de verticilos de flores en antesis y de la dinámica de los visitantes florales en individuos cultivados.

En estos registros se incluyó la evaluación de la hercogamia y la dicogamia conforme a Nassar & Ramírez (2004). Como la hercogamia es la separación espacial de los órganos masculinos y femeninos de una flor, se consideró presente cuando los lóbulos del estigma y las anteras de los estambres se tocaron, ya sea en el plano vertical, el horizontal o en ambos, en algún momento durante el muestreo, en las flores de La Tinaja (marzo 2006). Además se analizó la longitud de los estambres y el pistilo en el aná-

lisis morfométrico realizado en laboratorio. La dicogamia, separación en el tiempo de la función masculina de la femenina, se consideró si en algún momento del muestreo hubo la siguiente coincidencia: los lóbulos del estigma estuvieron abiertos y las anteras de los estambres fueron dehiscentes, es decir tenían polen.

Dinámica de visitantes florales. En La Tinaja (marzo, 2006) y el JBRC (marzo 2016), se registraron los insectos posados en algún verticilo floral cada 90 minutos desde el inicio del registro del comportamiento de los verticilos florales durante la antesis. Se registró el nombre común del grupo al que pertenecía el insecto, el verticilo en el que posaba, su comportamiento y el tiempo de permanencia. Cuando fue posible fueron recolectados en tubos Eppendorf de 50 ml con entrada de 2.8 cm de diámetro, o fotografiados para su determinación.

Probabilidad (P') del desarrollo a fruto de una flor. Las 12 flores que se usaron para registrar el comportamiento de los verticilos florales durante la antesis de los individuos de La Tinaja (marzo 2006) fueron marcadas con estambre rojo para verificar si desarrollaron frutos un mes después. Para calcular tal probabilidad (P'), se dividió el número de frutos que se formaron entre el número de flores en las que se registró el comportamiento de los verticilos. Los frutos que se desarrollaron fueron recolectados, medidos y pesados, y se les extrajeron las semillas manualmente, las cuales fueron contadas y pesadas en el JBRC.

Sistema de cruz. Para averiguar si la especie tiene autocruza natural, es decir, si requiere vectores del polen, se aislaron cinco primordios florales distintos a los que se usaron para seguir el desarrollo de las flores. Tales primordios florales fueron envueltos en bolsas de organza; para

evitar el ramoneo y el retiro de estas bolsas, se colocó malla para harnero alrededor de las plantas aisladas. Con las 12 flores usadas para seguir el comportamiento de los verticilos florales durante la antesis se constituyó un grupo control, ya que estas flores no fueron sometidas a ningún tipo de aislamiento. Dos meses después (mayo 2006), para ambos tratamientos, se verificó el desarrollo de las flores a fruto. Los frutos existentes fueron recolectados para determinar sus características morfológicas.

Trabajo de laboratorio

Análisis morfológico de flores. Se utilizaron nueve flores, cuatro fueron recolectadas en 2006 en La Tinaja y cinco fueron recolectadas de individuos crecidos en el JBRC en marzo de 2013 para aumentar el número de repeticiones de éste análisis. Las flores recolectadas eran distintas a las utilizadas en el estudio del comportamiento de los verticilos florales. Las flores fueron preservadas en una solución de alcohol al 80% hasta su disección en las instalaciones del JBRC. Se registraron las siguientes medidas con vernier: longitud total de la flor, diámetro del perianto, longitud de la base de la flor, diámetro de la base de la flor, altura de la cámara nectarial, longitud de los estambres, longitud del estigma, diámetro polar del ovario y diámetro ecuatorial del ovario.

Sistema de apareamiento. Se determinó con la relación polen/óvulo (P/O) y el índice de entrecruza de Cruden (OCI) (1977). El número de óvulos se determinó en el análisis morfológico realizado a las flores y el número de granos de polen por flor se determinó de acuerdo a Plascencia-López *et al.* (2005) y Galicia-Pérez (2013). Dicha técnica consiste en incorporar polen de anteras cerradas a una solución para después tomar una alícuota, colocarla en un hematocitómetro (cámara de Neubauer) y contar los granos de polen en microscopio óptico. Para esto, en 2013 fueron reco-

lectados cinco primordios florales de individuos crecidos en el JBRC, se tomó una antera de cada uno y se realizaron seis repeticiones. En cada repetición se contabilizaron los granos de polen en una alícuota de 0.1 mL. El valor promedio del número de granos de polen por antera se multiplicó por 1000 y el valor resultante se multiplicó por el número promedio de estambres por flor.

El índice de entrecruza de Cruden considera tres aspectos de las flores de una población: 1) el diámetro de las flores, 2) la presencia de hercogamia y 3) la presencia de dicogamia. Bajo éste método la asignación de valores es: flores con 1 mm de diámetro=0, flores de 1 a 2 mm de diámetro=1, flores de 2 a 6 mm de diámetro=2 y flores de más de 6 mm de diámetro=3; hercogamia: presencia=1, ausencia=0; dicogamia: cuando no se presenta separación de sexos en el tiempo (homogamia)= 0, cuando existe un desfaseamiento (protandria, protoginia)= 1. También considera la relación polen/óvulos. La sumatoria de los valores asignados sugiere alguno de los siguientes sistemas: cleistógamo, autógeno obligado, autógeno facultativo, xenógamo facultativo o xenógamo.

Resultados

Fenología

De acuerdo con Sánchez *et al.* (2006) la especie florece en febrero, marzo y abril, y produce semillas en mayo, junio y julio. Los muestreos de esta investigación fueron realizados durante el mes de marzo de los años 2006, 2013 y 2016, comprobándose lo reportado por los citados autores.

Características vegetativas de los individuos reproductivos

En La Tinaja se hallaron 11 individuos reproductivos que tenían entre una y cuatro ramas y que en conjunto tenían 15

primordios florales y cuatro flores. Los 13 individuos reproductivos del JBRC tenían de cuatro a 11 ramas, su altura –considerando la parte aérea y su rama más alta– osciló entre 3.7 a 14.5 cm, el promedio del diámetro mayor por rama por individuo osciló de $(0.62 \pm 0.12 \text{ cm})$ a $(1.16 \pm 0.29 \text{ cm})$ y en conjunto 90 primordios florales y 22 flores.

Seguimiento de estructuras reproductivas

Probabilidad (P) de desarrollo a flor de un primordio floral. La probabilidad (P), de desarrollo a flor de los primordios florales, en el ambiente silvestre, fue $P=0.8$, pues de 15 primordios florales registrados, 12 se desarrollaron a flor.

Longevidad de las flores.

En el ambiente silvestre las flores tuvieron uno o dos periodos diurnos de apertura, es decir su longevidad duró entre uno y dos días con horario de antesis de 10:40 a 13:50 h. De estas, el 50% (6 flores) permanecieron en antesis entre 1.5 y 3 h, y el resto entre 3 a 4.5 h. Las flores de los individuos crecidos en el JBRC tuvieron uno y tres periodos de apertura con horario de 09:30 a 15:30 h. El 47.1% (8 de 17 flores) permanecieron de 5 a 10 h en antesis.

Comportamiento de los verticilos florales durante la antesis

Flores de individuos que crecían en el ambiente silvestre (marzo 2006). El diámetro mayor del perianto $(35.87 \pm 5.20 \text{ mm})$, tuvo lugar a las 12:10 h. A esa hora se registraron las temperaturas mayores medidas a la sombra $(29.56 \pm 1.43 \text{ °C})$ (Fig. 2a). El diámetro del conjunto de estambres fue mayor $(11.39 \pm 2.15 \text{ mm})$, a las 12:10 h (Fig. 2b), las

anteras de los estambres de todas las flores fueron dehiscentes desde el inicio de la antesis pues se observó polen. El diámetro mayor del conjunto de lóbulos del estigma $(4.25 \pm 0.69 \text{ mm})$ se registró a las 12:10 h (Fig. 2c). Se observó una pequeña cantidad de néctar, que no pudo ser recolectado, alrededor de las 13:40 h en tan solo cuatro flores. Los lóbulos del estigma y las anteras de los estambres entraron en contacto alrededor del mediodía tanto en el plano vertical como el horizontal.

Flores de individuos crecidos en el JBRC (marzo 2016). El diámetro mayor del perianto $(29.10 \pm 7.17 \text{ mm})$, tuvo lugar a las 12:30 h cuando la temperatura medida a la intemperie fue $(17.46 \pm 5.77 \text{ °C})$ (Fig. 3a). El diámetro del conjunto de estambres fue mayor $(10.30 \pm 2.01 \text{ mm})$, a las 14:00 h (Fig. 3b), las anteras de los estambres de todas las flores fueron dehiscentes desde el inicio de la antesis pues se observó polen. El diámetro mayor del conjunto de lóbulos del estigma $(4.22 \pm 0.74 \text{ mm})$ se registró a las 14:00 h (Fig. 3c). Se observó una pequeña cantidad de néctar, que se recolectó en los microcapilares de 2 ml, entre las 09:30 y 14:00 h, en ocho flores. Aunque no ocurrió en todas las flores, los lóbulos del estigma y las anteras de los estambres entraron en contacto alrededor del mediodía.

Dinámica de visitantes florales

Flores de individuos que crecían en el ambiente silvestre (marzo 2006). Se registraron 43 visitas a las flores en observación. Los visitantes fueron insectos, entre los que destacaron, por la frecuencia mayor de visitas (35 de 43), los individuos del género *Perdita* sp. (Hymenoptera: Andrenidae). El resto de las visitas fueron realizadas por otros miembros de

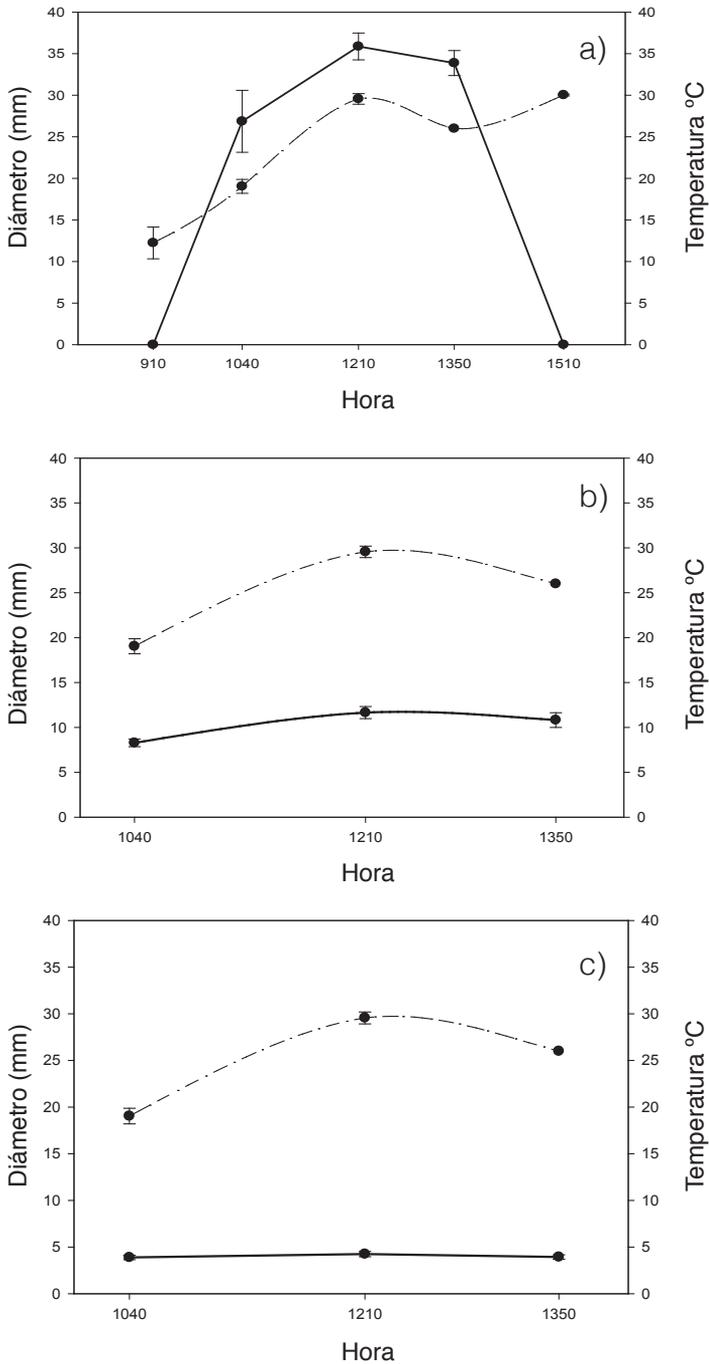


FIGURA 2. Comportamiento de 12 flores de *Echinocereus schmollii* en antesis durante cinco días en campo: a) diámetro del perianto, b) diámetro del conjunto de estambres y c) diámetro del conjunto de lóbulos del estigma. La línea punteada indica la temperatura medida a la sombra de arbustos.

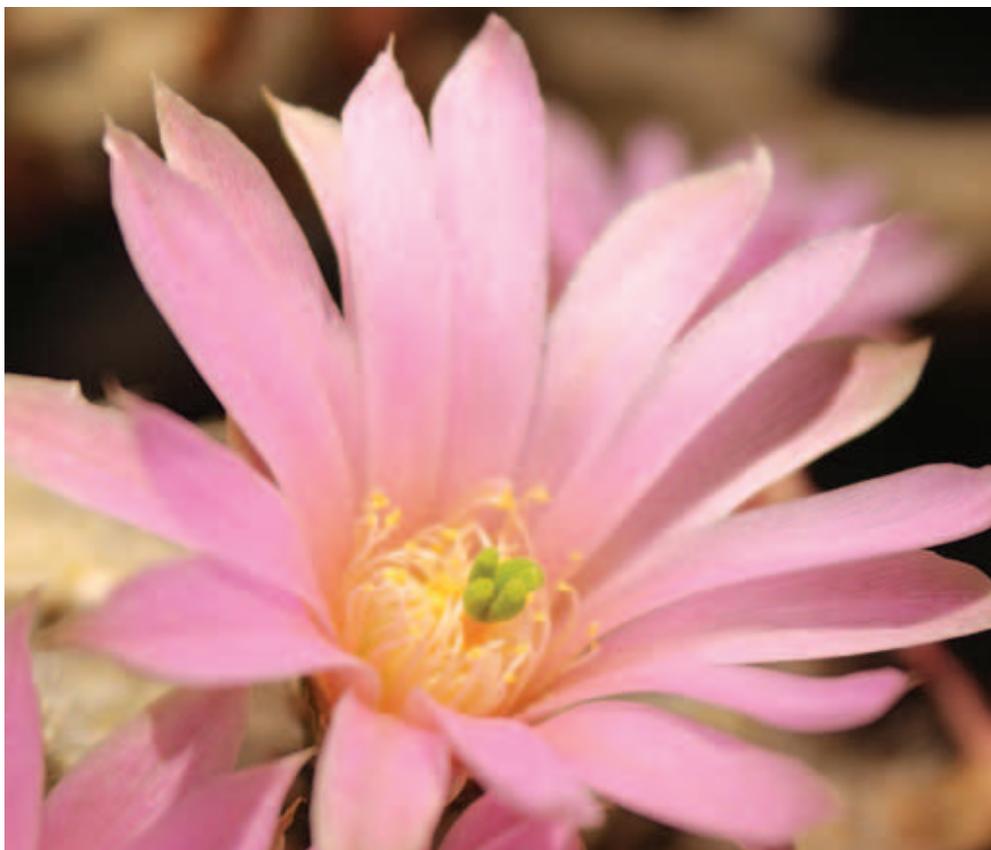
José Guadalupe Hernández Oria.

FOTO 3. Visitante floral de *Echinocereus schmollii*.

Hymenoptera: Apidae (abejas), Diptera (moscas) y Orthoptera (chapulines). Las visitas fueron registradas entre las 12:10 y 13:40 h, cuando la temperatura en la intemperie era cercana a 30 °C (Foto 3).

Flores de individuos crecidos en el JRBC (marzo, 2016). Fueron registradas 18 visitas a las flores en observación. La mayoría de los visitantes fueron insectos que pertenecen a los órdenes Diptera (moscas), Hymenoptera y Lepidoptera. Dos visitantes no pudieron ser identificados. La frecuencia mayor de visitas fueron realizadas por individuos de Hymenoptera (8 de 18), estas ocurrieron entre las 11:00 y 14:30 h, el 56%

Salvador Arias.

FOTO 4. Flores de *Echinocereus schmollii*.

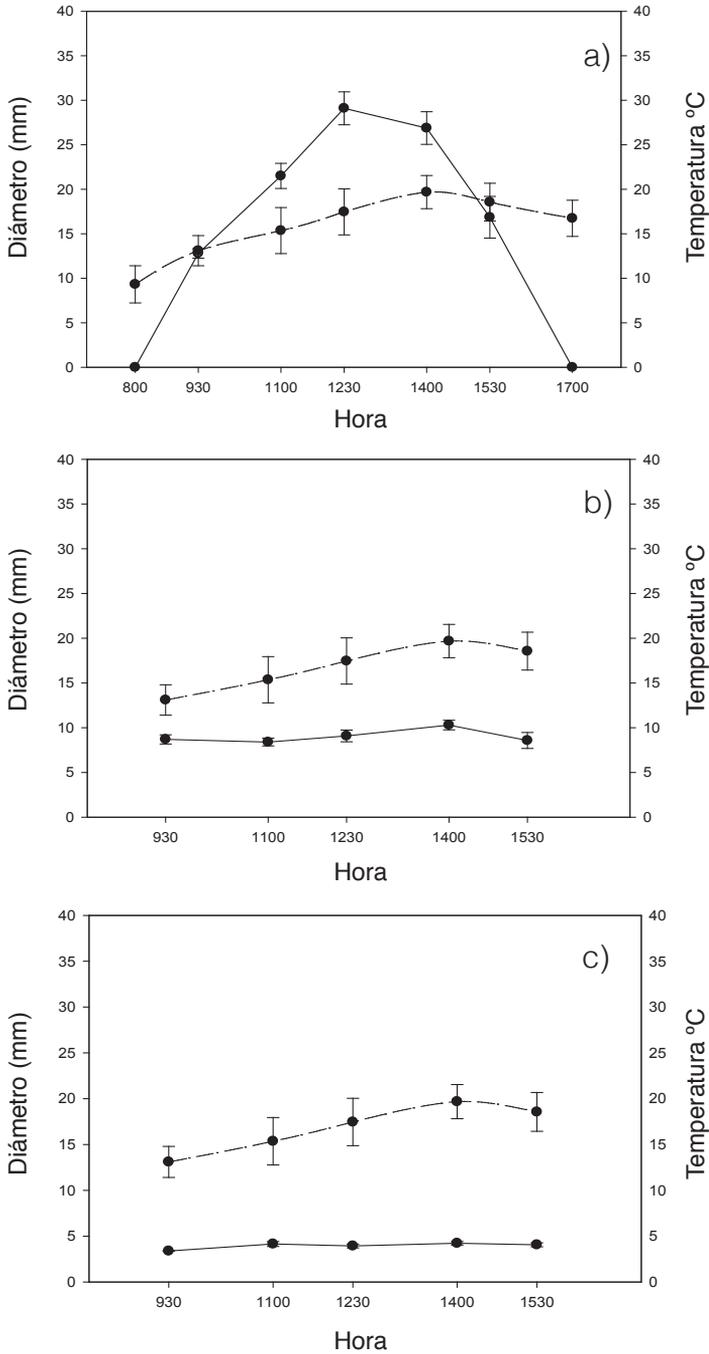
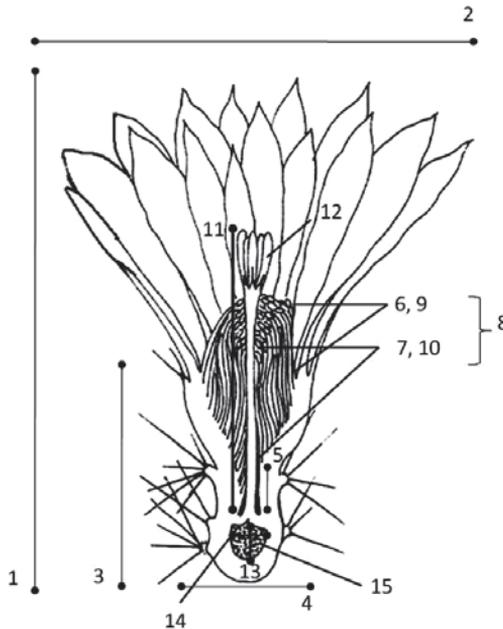


FIGURA 3. Comportamiento de 17 flores de *Echinocereus schmollii* en antesis durante cinco días en JBRC: a) diámetro del perianto, b) diámetro del conjunto de estambres y c) diámetro del conjunto de lóbulos del estigma. La línea punteada indica la temperatura medida a la intemperie.



Parámetros de los verticilos florales de *Echinocereus schmollii* considerados para el análisis morfométrico

1. Longitud de la flor
2. Diámetro del perianto
3. Longitud de la base de la flor
4. Diámetro de la base de la flor
5. Altura de la cámara nectarial
6. Número de estambres cortos
7. Número de estambres largos
8. Número de estambres
9. Longitud de estambres cortos
10. Longitud de estambres largos
11. Longitud del estigma
12. Número de lóbulos del estigma
13. Diámetro polar del ovario
14. Diámetro ecuatorial del ovario
15. Número de óvulos

FIGURA 4. Dibujo esquemático de la flor de *Echinocereus schmollii* modificado de Taylor (1986). Se indican las variables consideradas en el análisis morfométrico. Los valores medios y desviación estándar (de) ($N=9$) fueron: 1. Longitud total de la flor ($34.33 \pm$ de 3.52 mm), 2. Diámetro del perianto ($17.25 \pm$ de 3.54 mm), 3. Longitud de la base de la flor ($44.36 \pm$ de 3.52 mm), 4. Diámetro de la base de la flor ($6.81 \pm$ de 1.67 mm), 5. Altura de la cámara nectarial ($1.09 \pm$ de 0.25 mm), 6. Número estimado de estambres cortos ($26.76 \pm$ de 9.46 mm), 7. Número estimado de estambres largos ($144.89 \pm$ de 33.36 mm), 8. Número total de estambres ($282 \pm$ de 35.05 mm), 9. Longitud de estambres cortos ($6.52 \pm$ de 1.04 mm), 10. Longitud estambres largos ($34.33 \pm$ de 3.52 mm), 11. Longitud del estigma ($16.86 \pm$ de 3.66 mm), 12. Número de lóbulos del estigma ($7.67 \pm$ de 1.22 mm), 13. Diámetro polar del ovario ($4.66 \pm$ de 0.93 mm), 14. Diámetro ecuatorial del ovario ($2.55 \pm$ de 0.51 mm) y 15. Número estimado de óvulos ($140 \pm$ de 44.40 mm).

se efectuó alrededor de las 14:00 h cuando la temperatura a la intemperie en los cinco días de muestreo fue ($19.68 \pm$ de 4.16 °C). Estos insectos visitaron principalmente estructuras del androceo, sus visitas duraron entre un segundo y 3 minutos, siendo las de frecuencia mayor (44%) las de entre uno y cinco segundos.

Morfometría de flores

Los valores obtenidos de la disección de flores se resumen en la figura 4, donde se presenta un dibujo esquemático de la flor así como los parámetros considerados en el análisis morfométrico (Foto 4).

Probabilidad del desarrollo a fruto de las flores

Cinco de las 12 flores usadas para seguir el comportamiento de los verticilos en anthesis desarrollaron a fruto, por lo que $P^t=0.42$. La longitud de estos frutos fue ($14 \pm$ de 5.00 mm), el diámetro ($8.2 \pm$ de 3.5 mm) y biomasa seca ($0.8 \pm$ de 0.3 g). Los frutos tenían entre 8 y 195 semillas. La biomasa del conjunto de semillas por fruto varió entre 0.1 y 0.9 mg.

Sistema de cruz

Los cinco primordios florales aislados desarrollaron a flor pero ninguna de esas flores

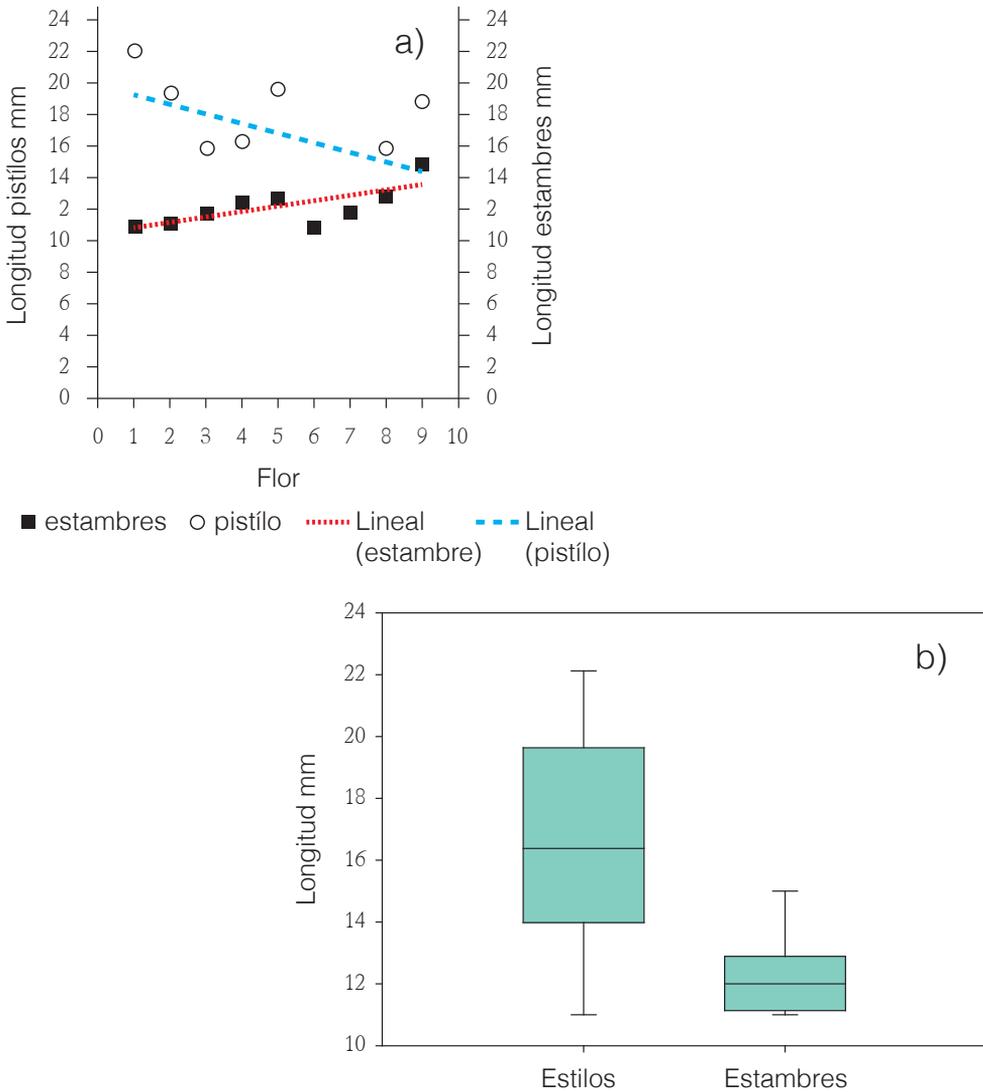


FIGURA 5. Dispersión de la longitud de los pistilos y estambres de flores de *Echinocereus schmollii*: a) El análisis indica que estas estructuras entran en contacto, en las flores 6 y 7, por lo que no hay separación espacial entre ellas; b) Se indica el traslape de las barras de la desviación estándar para el promedio de la longitud para las dos estructuras ($N=9$ flores), por lo que en estas flores parece no haber hercogamia.

desarrolló a fruto, lo cual sugiere que las flores no pueden polinizarse de manera automática y que necesitan vectores externos del polen. De las flores utilizadas en la marcha floral, es decir las que no fueron

sometidas a ningún tipo de aislamiento, cinco desarrollaron a fruto. Lo anterior sugiere que los individuos podrían utilizar tanto la entrecruza como la autocruza como sistema de cruza mediada por los visitantes florales.

CUADRO 1. Sistemas de apareamiento de acuerdo al índice de entrecruza propuesto por Cruden (1977) y a la relación polen/óvulo (P/O).

Sistema de apareamiento	OCI	Relación P/O (promedios)
Cleistógamo	0	4.7:1
Autógamo	1	27.7:1
Autógamo facultativo	2	168.5:1
Xenógamo facultativo	3	796.6:1 <i>E. schmollii</i>
Xenógamo obligado	4	5859.2:1

Sistema de apareamiento

Índice de entrecruza de Cruden (OCI). El diámetro del perianto de las flores de *E. schmollii* fue ($17.25 \pm$ de 3.54 mm), por lo que a este parámetro se le asignó el valor de tres puntos. Las flores no presentaron hercogamia, por lo que el valor asignado es cero. Un análisis de dispersión, el traslape de las barras de desviación estándar de la longitud de los estambres y la del pistilo así como la observación visual del contacto entre estas estructuras durante la anthesis, indican que no hay separación espacial de sexos (Figs. 5 a y b).

Tampoco se observó dicogamia entre las flores estudiadas, por lo que el valor de esta variable fue cero. Lo anterior se debió a que durante la anthesis las anteras fueron dehiscentes poco después de la apertura de las flores, además tanto en las flores observadas en el ambiente silvestre como en el JRBC, alrededor del mediodía coincidieron el diámetro mayor de los lóbulos del estigma y el del conjunto de estambres. La suma de los parámetros evaluados para el OCI, resultaron en tres.

El número promedio de granos de polen de las flores de *E. schmollii* fue de ($40544 \pm$ de 12208.0 granos). Considerando esta información, la relación polen/óvulo (P/O) resultó ser $P/O = 40544/140 = 289.6:1$.

De esta forma, por el valor de 3 para el OCI y la relación P/O, el sistema de apareamiento parece corresponder al xenógamo facultativo, en el cual los descendientes son originados por entrecruza pero también existe la posibilidad de ser originados por autocruza (Cuadro 1).

Discusión

Derivado del estudio sobre el estado de conservación de *E. schmollii* Hernández-Oria *et al.* (2006), recomendaron investigar su biología y ecología floral principalmente porque estos aspectos permanecían sin abordarse y por el grado de amenaza detectado en las poblaciones estudiadas, entre ellas la que está en La Tinaja, donde se realizó parte de ésta investigación.

La fenología reportada en la literatura fue comprobada al observar primordios de flores, flores y frutos en marzo del 2006, 2013 y 2016. Al respecto, para futuras investigaciones se recomienda realizar censos tanto poblacionales como fenológicos para conocer el estado de la población cada cierto tiempo. Se observó que los individuos reproductivos que crecen en el ambiente silvestre son menos ramificados que los que crecen en condiciones de invernadero.

Es altamente probable que en el ambiente silvestre y en condición de invernadero los primordios de flor desarrollen una flor ($P=0.8$). En términos ecológicos, esto podría interpretarse como una asignación de energía alta para la reproducción y dicha característica podría resultar atractiva desde el punto de vista del aprovechamiento legal de la especie como ornamental.

En cuanto a la longevidad y horario de antesis de las flores (uno a tres días, diurno), se observó que coincide con lo reportado para cactáceas como *Ariocarpus fissuratus* (Engelm.) K. Schum., *Mammillaria grahamii* Engelm. y *Opuntia robusta* H. L. Wendl. ex Pfeiff. (Mandujano *et al.* 2010).

También se observó que el comportamiento de los verticilos florales durante la antesis parece estar influenciado por las condiciones ambientales, principalmente por las temperaturas bajas. Al respecto, se registró una coincidencia entre la ausencia de apertura de las flores y las temperaturas menores a la intemperie en el muestreo realizado en el JBRC en marzo de 2016.

Respecto a los visitantes florales, se sugiere al morfo identificado como *Perdita* sp. (Hymenoptera) como los posibles polinizadores efectivos de *E. schmollii* por la frecuencia mayor de visitas. Este insecto ha sido reportado en otras especies de cactáceas por lo que merece mayor atención su estudio. La presencia de chapulines (Orthoptera) indica más bien procesos de depredación, pues en otras cactáceas como *Turbincarpus horripilus* (Lem.) Vác. John & Riha de Metztlán, Hidalgo estos insectos se han observado alimentándose de estigmas y anteras (Matías-Palafox 2007).

Es necesario abordar con mayor dedicación el estudio de los modos reproductivos de *E. schmollii*. Al respecto, lo observado

en esta investigación indica que la especie requiere vectores del polen, que la morfometría de las flores parece favorecer la entrecruza y evitar la autofecundación, y esto refuerza la idea de que la especie, tiende hacia el dioicismo.

La conservación de las especies es una tarea multidisciplinaria que debe estar basada en el conocimiento de su biología, de las áreas que ocupa y de las relaciones que la gente tiene con ellas. Derivado de lo observado en este estudio, se recomienda proteger el área donde habita *E. schmollii*, dar continuidad a acciones de sensibilización que ha llevado a cabo el JRBC para que los habitantes aprecien la biodiversidad e iniciar investigaciones sobre la demografía de la especie para conocer las tasas de crecimiento poblacional.

Agradecimientos

Esta investigación se derivó de una participación del primer autor en la estancia de investigación denominada "Conservación de Cactaceae de la Zona Árida Queretano Hidalguense" en el Jardín Botánico Regional de Cadereyta. Al personal del Jardín Botánico Regional de Cadereyta "Ing. Manuel González de Cosío". A la M. en C. María Loraine Matías Palafox.

Literatura citada

- Arredondo GA. 2002. Propagación y mantenimiento de cactáceas. INIFAP-SAGARPA. Campo Experimental Palma de la Cruz. San Luis Potosí, México.
- Barret SCH & Harder LD. 2006. David G. Lloyd and the evolution of floral biology: from natural history to strategic analysis. En Barret SCH & Harder LD (ed). *Ecology and Evolution of Flowers*. Oxford University Press. Oxford, UK.

- CITES 2012. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. Apéndices I, II y III en vigor a partir del 3 de abril de 2012. <http://www.cites.org>. Fecha de consulta 24 de septiembre de 2013.
- Cruden RW. 1977. Pollen/ovule ratios: a conservative indicator of breeding systems in flowering plants. *Evolution* **31**:32-46.
- Flores-Martínez A, Manzanero GI, Golubov J & Mandujano MC. 2013. Biología floral de *Mammillaria huitzilopchtli*, una especie rara que habita acantilados. *Bot Sci* **91**:349-356.
- Galicia-Pérez A. 2013. Estudios sobre los sistemas de autoincompatibilidad presentes en *Opuntia tomentosa* Salm-Dyck (Cactaceae). Tesis de maestría. Universidad Autónoma Metropolitana. Ciudad de México.
- Goettsch B, Hilton-Taylor C, Cruz-Piñón G, Duffy JP, Frances A, Hernández HM, Inger R, Pollock C, Schipper J, Superina M, Taylor NP, Tognelli M, Abba AM, Arias S, Arreola-Nava HJ, Baker MA, Bárcenas RT, Barrios D, Braun P, Butterworth CA, Búrquez A, Caceres F, Cházaro-Basañez M, Corral-Díaz R, Del Valle Perea M, Demaio PH, Duarte de Barros WA, Durán R, Yancas LF, Felger RS, Fitz-Maurice B†, Fitz-Maurice WA, Gann G, Gómez-Hinostrosa C, Gonzales-Torres LR, Griffith MP, Guerrero PC, Hammel B, Heil KD, Hernández-Oria JG, Hoffmann M, Ishihara MI, Kiesling R, Larocca J, León-de la Luz JL, Loaiza SCR, Lowry M, Machado MC, Majure LC, Martínez Ávalos JG, Martorell C, Maschinski J, Méndez E†, Mittermeier RA, Nassar JM, Negrón-Ortiz V, Oakley LJ, Ortega-Baes P, Pin Ferreira AB, Pinkava DJ, Porter JM, Puente-Martínez R, Gamarra JR, Saldivia Pérez P, Sánchez Martínez E, Smith M, Sotomayor M del C, Stuart SN, Tapia Muñoz JL, Terrazas T, Terry M, Trevisson, Valverde T, Van Devender TR, Véliz-Pérez ME, Walter HE, Wyatt SA, Zappi D, Zavala-Hurtado JA & Gaston KJ. 2015. High proportion of cactus species threatened with extinction. *Nature Plants* **1**:15142.
- Guzmán U, Arias S & Dávila P. 2003. *Catálogo de cactáceas mexicanas*. Universidad Nacional Autónoma de México y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Hernández-Oria JG, Chávez R & Sánchez E. 2007. Estado de conservación de *Echinocereus schmollii* (Weing.) N. P. Taylor en Cadereyta de Montes, Querétaro, México. *Cact Suc Mex* **51**:68-95.
- Hernández HM & Bárcenas RT. 1995. Endangered cacti in the Chihuahuan Desert: I. Distribution patterns. *Conserv Biol* **9**:1176-1188.
- INEGI 2001. Cuaderno Estadístico Municipal de Cadereyta de Montes, Querétaro. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.
- Lord JM, Huggins L, Little LM & Tomlinson VR. 2013. Floral biology and flower visitors on subantarctic Campbell Island. *New Zeal J Bot* **51**:168-180.
- Lloyd DG. 1992. Self and cross-fertilization in plants. II. The selection of self-fertilization. *Intern J Plant Sci* **153**:370-80.
- Mandujano MC, Carrillo-Ángeles IG, Martínez-Peralta C & Golubov J. 2010. Reproductive Biology of Cactaceae. En Ramawat K.G. (ed.). *Desert Plants*. Springer-Verlag, Berlin.
- Matías-Palafox ML. 2007. Estructura poblacional y biología reproductiva de *Turbiniacarpus horripilus* (Lem.) Vác. John & Riha (Cactaceae). Tesis de maestría. Universidad Autónoma Metropolitana. México, D.F.
- McIntosh ME. 2002. Flowering phenology and reproductive output in two sister species of *Ferocactus* (Cactaceae). *Plant Ecol* **159**:1-13.

- Naik A, Akhtar S, Thapa U, Chattopadhyay A & Hazra P. 2013. Floral biology and interspecific and intergeneric crossability of teaste gourd. *Inter J Veg Sci* **19**:263-273.
- Nassar J & Ramírez N. 2004. Reproductive biology of melon cactus, *Melocactus curvispinus* (Cactaceae). *Plant Syst Evol* **248**:31-44.
- Ollerton J & Amots D. 2005. Functional morphology and phenology. En Amots D, Kevan P & Husband B. (ed) *Practical Pollination Biology*. Enviroquest, Canada.
- Plascencia-López LMT. 2003. Biología reproductiva de *Opuntia bradtiana* (Cactaceae) en Cuatro Ciénegas, Coahuila. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México, D.F.
- Rzedowski J. 1978. *La vegetación de México*. Limusa.
- Sage T, Husband B. & Routley M. 2005. Intrinsic attributes of the breeding system. En Amots D, Kevan P & Husband B. (Eds.) *Practical Pollination Biology*. Enviroquest, Canada.
- Sánchez-Martínez E, Chávez-Martínez R, Hernández-Oria J. G. & Hernández-Martínez M. M. 2006. Especies de Cactaceae prioritarias para la conservación en la zona árida queretano hidalguense. Jardín Botánico Regional de Cadereyta “Ing. Manuel González de Cosío” Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro.
- SEMARNAT 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. *Diario Oficial de la Federación*. Jueves 30 de diciembre de 2010.
- Taylor N. 1986. The Genus *Echinocereus* (A Kew magazine monograph). The Royal Botanic Gardens, Kew in association with Collin-Gridge. Great Britain.
- Vázquez-Yanes C, Orozco A, Rojas M, Sánchez M.E & Cervantes V. 1997. *La reproducción de las plantas: semillas y meristemas*. Fondo de Cultura Económica. México, D.F.
- Zamudio S, Rzedowski J, Carranza E & Calderón G. 1992. *La vegetación en el estado de Querétaro*. Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro. México.

Recibido: enero 2016; Aceptado: febrero 2016.
Received: January 2016; Accepted: February 2016



Lista de revisores durante 2015

Los editores de la revista *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* agradecen a los miembros del consejo editorial y a los siguientes árbitros que generosamente dieron su tiempo para la revisión de los manuscritos que fueron sometidos a dictamen durante el 2015.



- Dr. Salvador Arias – *Jardín Botánico, Instituto de Biología, UNAM*
 Dr. Oscar Briones – *Instituto de Ecología, A.C.*
 Dr. Javier Caballero – *Jardín Botánico, Instituto de Biología, UNAM*
 Dr. Fernando Chiang – *Instituto de Biología, UNAM*
 Dr. Luis Eguiarte Fruns – *Instituto de Ecología, UNAM*
 Dr. Arturo Flores Martínez – *Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN*
 M. en C. Donajé Flores López – *Instituto de Ecología, UNAM*
 M. en C. Juan Carlos Flores Vázquez – *Instituto de Ecología, UNAM*
 Dra. Raquel Galván - *Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN*
 M. en C. Francisco González Medrano – *Universidad Autónoma Metropolitana-X*
 Dr. Roberto Kiesling – *Instituto Darwinion, Argentina*
 Dra. Guadalupe Malda Barrera – *Universidad Autónoma de Querétaro*
 Dr. Francisco Molina – *Instituto de Ecología, UNAM-Campus Hermosillo*
 Dr. Jafet Nassar- *Instituto Venezolano de Investigación Científica*
 Dr. Pablo Ortega Baes – *Universidad de Salta, Argentina*
 Dr. Francisco Roberto Quiroz Figueroa – *Instituto de Biotecnología, UNAM*
 Dra. Mariana Rojas Aréchiga – *Instituto de Ecología, UNAM*
 Dra. Teresa Terrazas – *Instituto de Biología, UNAM*

Asimismo, invitamos a la comunidad de expertos que estén interesados en participar en el proceso de revisión de manuscritos que versan sobre plantas suculentas a que envíen su currículum vitae y su área de especialización o interés a: mrojas@ecologia.unam.mx

Normas editoriales

(Instructions for authors)

Cactáceas y Suculentas Mexicanas es una revista trimestral de circulación internacional. Esta revista está disponible para toda contribución original científica o de divulgación sobre las cactáceas y otras plantas suculentas.

Texto

Presentarlo en hojas tamaño carta a doble espacio (incluyendo cuadros), con márgenes de 2.5 cm, numeradas consecutivamente, sin errores tipográficos, usando fuente Times New Roman de 12 puntos. Las contribuciones pueden ser en español o en inglés. Los nombres científicos para la familia Cactaceae, seguirán la nomenclatura de Guzmán U, Arias S & Dávila P. 2003. *Catálogo de cactáceas mexicanas*. UNAM, Conabio. México, D.F. y para las crasuláceas: Meyrán J & López L. 2003. *Las crasuláceas de México*. Sociedad Mexicana de Cactología, A.C. México, D.F. Los nombres científicos se anotarán con cursivas citando el género sin abreviar la primera vez que se mencione en el cuerpo del texto, las subsecuentes podrá abreviarse el género. Los encabezados de las secciones deberán estar en negritas y centrados. El texto deberá incluir los siguientes puntos: **Título.** **Autor(es):** Apellido y nombre (sin negritas) e indicar con superíndices numerados la referencia a la institución de adscripción y además con un asterisco el autor de correspondencia. El nombre y dirección del autor(es) debe incluirse como nota al pie de página, incluyendo el correo electrónico del autor(es) de correspondencia. **Resumen:** En español, máximo de 300 palabras. **Abstract:** En inglés debe proporcionar información detallada del trabajo, mencionando el objetivo, la especie y el sitio de estudio, breve metodología, resultados y conclusión. **Palabras Clave:** Máximo de seis, en ambos idiomas y ordenadas alfabéticamente, sin repetir palabras del título. **Introducción:** La introducción debe de mencionar las razones por las que se hizo el trabajo, la naturaleza de las hipótesis y los antecedentes esenciales. **Material y métodos:** Ésta sección debe de describir en suficiente detalle las técnicas utilizadas para que pueda ser repetido. Deberán incluirse descripción de la(s) especie(s) de estudio y del sitio del estudio y enviar fotografías de las especies, indicando el autor de cada foto. Los nombres científicos deberán escribirse completos con su autoridad, solo cuando sea mencionados la primera vez (por ejemplo, *Astrophytum asterias*

(Zucc.) Lem.), después se usará solo la inicial del género y el nombre completo de la especie (por ejemplo, *A. asterias*), a menos que se inicie un párrafo. **Resultados:** Los resultados deben enfocarse a los detalles importantes de los cuadros y figuras y describir los hallazgos más relevantes. **Discusión:** Debe de resaltar el significado de los resultados en relación a las razones por las que se hizo el trabajo y ponerlas en el contexto de otros trabajos. **Agradecimientos:** En forma breve. **Literatura citada.** Cuadros, figuras, fotos y encabezados de cuadros, pies de figura y pies de foto. Se debe usar el sistema internacional de medición (SI) con las siguientes abreviaturas: min (minutos), h (horas), d (días), mm (milímetros), cm (centímetros), m (metro(s)), km (kilómetro(s)), ha (hectarea(s)), ml (mililitro(s)), l (litro(s)); para los símbolos estadísticos se deben escribir de la siguiente manera: ee (error estándar), de (desviación estándar), gl (grados de libertad), *N* (tamaño de muestra), *CV* (coeficiente de variación) y poner en cursivas los estimadores (p. ej. r^2 , prueba de *t*, *F*, *P*). Se deben usar las siguientes abreviaturas: m snm (metros sobre el nivel del mar), °C separado de la cifra numérica y latitud por ejemplo: 28° 57' 05.4" latitud N. Para abreviaturas poco frecuentes, aclarar el significado la primera vez que se mencionan en el texto (p. ej. K_m , K_i ; constante de Michaelis y constante de inhibición, respectivamente). Enviar el texto en formato Word 6.0 o posterior, ASCII o RTF. Notas o reseñas de libros son bienvenidos, con una longitud máxima de 2000 (dos mil) palabras incluyendo el título de la publicación o la nota y la adscripción de los autores.

Cuadros, figuras y fotos

Cada cuadro, figura y fotografía debe de presentarse en una hoja nueva e ir numerado consecutivamente conforme se le hace referencia en el texto. Dentro del texto las citas aparecerán entre paréntesis como Cuadro número, Fig. número y Foto número (ejemplo, Fig. 2). La primera letra de cada entrada en cada columna o renglón de los cuadros debe ir en mayúscula.

Encabezados de cuadro, pies de figura y pies de foto

Deben contener información suficiente para entenderse sin ayuda del texto principal. Las especies (en letra cursiva) y los sitios de estudio deben escribirse sin abreviaturas. Cada tipo deberá enlistarse en hojas separadas a doble espacio siguiendo el formato: FIGURA o FOTO o CUADRO número, punto y enseguida el texto con mayúscula al inicio y con punto final.

Las fotografías, mapas e ilustraciones deberán mandarse en original. Los mapas, diagramas y otras ilustraciones se presentarán en hojas separadas, numeradas y en tinta negra (línea con un mínimo de 2 puntos). Las fotografías y las ilustraciones deben enviarse en formato electrónico con las siguientes características: formato Tiff de al menos 1200 dpi en tamaño media carta en el caso de las ilustraciones, y las fotografías en el mismo formato con una resolución mínima de 300 dpi a tamaño carta desde la digitalización. No se aceptará el material fotográfico o de imágenes insertadas en Word o en Power Point.

Literatura citada

La literatura citada en el texto debe de seguir el siguiente formato: un autor Buxbaum (1958), o (Buxbaum 1958), dos autores Cota y Wallace (1996) o (Cota & Wallace 1996), tres o más autores Chase *et al.* (1985) o (Chase *et al.* 1985). Referencias múltiples deben de ir en orden cronológico, separadas por punto y coma (Buxbaum 1958; Chase *et al.* 1985). La literatura citada deberá estar en orden alfabético según el siguiente formato:

Bravo-Hollis H & Sánchez-Mejorada H. 1991. *Las Cactáceas de México*. Vol 3. UNAM. D.F. México.

Buxbaum F. 1958. The phylogenetic division of the subfamily Ceroioideae, Cactaceae. *Madroño* **14**:27-46.

Nolasco H, Vega-Villasante F & Díaz Rondero A. 1997. Seed germination of *Stenocereus thurberi* (Cactaceae) under different solar irradiation levels. *J. Arid Environ* **36**:123-132.

Milligan B. 1998. Total DNA isolation, páginas 29-36. En A. R. Hoelzel (ed.). *Molecular Genetic Analysis of Populations*. IRL Press. Oxford, England.

Arias S & Terrazas T. 2002. Filogenia y monofilia de *Pachycereus*, página 82. En Memorias de III Congreso Mexicano y II Latinoamericano y del

Caribe sobre cactáceas y otras plantas suculentas. Ciudad Victoria, Tamps. México.

Plascencia-López LMT. 2003. Biología reproductiva de *Opuntia bradtiana* (Cactaceae) en Cuatro Ciénegas, Coahuila. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México, D.F.

IUCN 2004. 2004 IUCN Red List of Threatened species. <http://www.iucnredlist.org>. Fecha de cuando se consultó la página de Internet.

Para citar un software: R Development Core Team. 2010. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.

El nombre de las revistas se debe abreviar y en cursivas. Para verificar la abreviación del título de las revistas se debe consultar la siguiente página en red: <http://library.caltech.edu/reference/abbreviations/>

La revista *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* se deberá abreviar: *Cact Suc Mex*

Los manuscritos deberán enviarse por correo electrónico o entregados en un disco o en USB a la Dra. María C Mandujano o Dra. Mariana Rojas-Aréchiga en el Instituto de Ecología, UNAM. Apartado Postal 70-275, Ciudad Universitaria, UNAM. México, D.F. 04510, México. Envíos electrónicos a los correos: mrojas@ecologia.unam.mx y mcmandujano@gmail.com

Los artículos sometidos deberán cumplir con las normas editoriales establecidas para ser sujetos a revisión. La publicación del artículo es gratuita si los autores cuentan con suscripción vigente a la Sociedad Mexicana de Cactología, A. C. El autor de correspondencia debe conservar una copia para cualquier aclaración. Los manuscritos serán revisados por dos académicos especializados en el área de investigación, designados por el comité editorial o el editor.

La Sociedad Mexicana de Cactología, A.C. no proporciona sobretiros al(los) autor(es). A solicitud de los autores se pueden proporcionar copias electrónicas en formato PDF de los archivos correspondientes a su publicación. El comité editorial se reserva el derecho de rechazar cualquier contribución o solicitar al autor(es) modificaciones a su trabajo, así como hacer cambios menores en el texto sin consultar al(los) autor(es).

Ferocactus peninsulae
(F.A.C. Weber) Britton & Rose



Planta solitaria, ovoide a cilíndrica, usualmente de 70 cm pero puede llegar hasta 2.5 m de largo y 40 cm en diámetro, de color verde oscuro-azulado. Costillas 12-20, profundas y prominentes. Espinas de rojo grisáceo con puntas amarillentas o blanquecinas. Areolas de 4 cm, espinas centrales 4 que forman una cruz, bandeadas, rectas, de 4 a 15 cm de longitud, la más inferior aplanada y ganchuda. Espinas radiales 6-13, delgadas, a menudo retorcidas. Flores funeliformes rojas a amarillas con venación central de color naranja o roja, de 5 a 6 cm de longitud. Frutos globosos, amarillos, de 3.5 cm de longitud (Britton & Rose 1963, *The Cactaceae* vol. III; Anderson 2001, *The Cactus family*). Las semillas son fotoblásticas positivas, de tamaño mediano y pesan 1.6 ± 0.23 mg (Rojas-Aréchiga *et al.* 2013, *J Plant Res* 126: 376-386).

Distribución: Baja California Sur. Esta especie es común encontrarla cerca de la costa asociada a otras especies de matorral xerófilo. Se menciona que en algunos lugares los pobladores le cortan las espinas a esta planta para que sirva de alimento al ganado (Britton & Rose 1963, *The Cactaceae* vol. III).

Rojas-Aréchiga Mariana
Instituto de Ecología, UNAM, Lab. de Genética y Ecología, Circuito Exterior, Ciudad Universitaria, 04510, México, D.F.
Correo electrónico: mrojas@ecologia.unam.mx